

Etude du fonctionnement hydrochimique des bassins versants du Mont Lozère et des conséquences d'une coupe forestière : résultats et enseignements

par Jean-François DIDON-LESCOT et Claude MARTIN *

I.- Introduction

D'importantes plantations de pins à crochets ont été réalisées sur le Mont-Lozère entre 1890 et 1910. La stabilisation des ravines et la production d'un humus relativement épais ont ensuite permis d'envisager une sylviculture résineuse : plantations d'épicéas de 1925 à 1935, puis de divers résineux en association vers 1970.

Des mesures hydrochimiques sont menées sur le Mont-Lozère depuis 1981 dans le but de comparer les comportements sous différentes couvertures végétales : hêtraie, pessière et pelouse. Une coupe à blanc réalisée, de 1987 à 1989, sur le bassin versant couvert d'épicéas a en outre permis d'étudier les effets de cette perturbation.

1500 m. Les recherches ont porté sur trois bassins de petite taille (Cf. Fig. 1) : 19,5 ha pour le bassin de la Latte (épicéas), 54 ha pour le bassin de la Sapine (hêtres) et 81 ha pour celui des Cloutasses (pelouse pâturée). Le substratum est constitué par le granite du Pont-de-Montvert, sur lequel se sont développés des rankers alpins, des rankers cryptopodzoliques (bruns ou humifères) et des sols bruns ocreux (P. DURAND, 1989). Le climat associe des caractères méditerranéens (pluies violentes, surtout en automne, et sécheresse estivale) et montagnards (précipitations moyennes de l'ordre de 2000 mm/an, dont 10 à 25 % sous forme de neige ; température moyenne de 7 °C à 1300 m d'altitude).

Avant leur coupe, à l'âge de 60 ans, les épicéas du bassin de la Latte constituaient – sur 16,8 ha (la superficie restante étant essentiellement couverte par une lande à genêt) – une

forêt peu dense (390 sujets/ha, dont 85 % d'épicéas et 15 % de pins à crochets) et peu productive (biomasse de 113 t/ha de matière sèche) qui a fait l'objet d'éclaircies en 1946 et en 1974-76. En 1989, le bassin a été reboisé avec différentes essences résineuses. Dans le bassin de la Sapine, la hêtraie, dont l'âge moyen avoisine celui de la pessière du bassin de la Latte, couvre près de 85 % de la surface. Il s'agit d'un taillis dense (4000 brins/ha) dont la biomasse est estimée à 332 t/ha de matière sèche (A. HANCHI, 1994). Ce taillis s'est progressivement constitué, depuis un siècle, par colonisation spontanée des versants à partir de quelques arbres localisés en fond de vallon. Il est associé à une lande à callune et à myrtille. Le bassin de pelouse (nard, fétuque) est parcouru par un troupeau transhumant de juin à septembre et il est partiellement écobué tous les 5 à 7 ans.

II.- Le terrain d'étude

Le Bassin Versant de Recherche et Expérimental (BVRE) du Mont-Lozère est situé, en exposition sud, à des altitudes comprises entre 1150 et

* UMR 5651 "Espace" - composante niçoise, Département de Géographie de l'Université de Nice – Sophia-Antipolis, 98 Boulevard Édouard Herriot, BP 3209, 06204 Nice cedex 03.

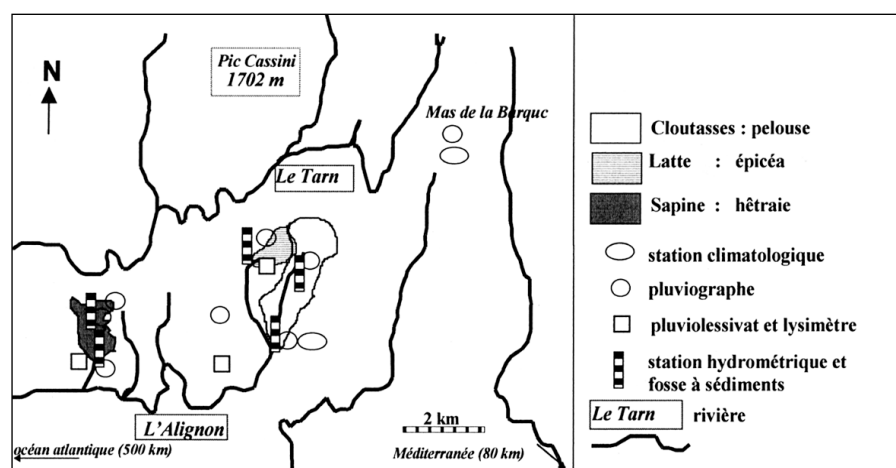


Fig. 1: Présentation du terrain d'étude.

Cloutasses	P et L	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
entrées	1881	0,70	13,0	2,36	2,75	13,3	8,81	23,0	—	58,4
sorties	1472	36,3	15,8	4,67	4,40	16,3	—	17,4	—	42,3
e - s		-35,6	-2,81	-2,41	-1,65	-3,06	—	+5,59	—	+16,0

Latte	P et L	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
entrées	1866	0,67	13,9	2,50	2,67	13,9	9,33	24,3	—	60,3
sorties	1253	34,8	17,1	6,52	3,67	16,1	—	20,9	—	50,9
e - s		-34,2	-3,17	-4,02	-1,00	-2,23	—	+3,38	—	+9,40

Sapine	P et L	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
entrées	1769	0,81	12,2	2,16	3,23	11,2	7,14	19,5	—	50,9
sorties	1173	33,9	9,67	3,63	2,56	13,8	—	16,6	—	36,2
e - s		-33,0	+2,52	-1,46	+0,67	-2,64	—	+2,84	—	+14,7

P : précipitations (mm). L : lame d'eau écoulee (mm). e : entrées mesurées dans les pluviographes (kg/ha/an). s : exportations du bassin versant (kg/ha/an). Les ions HCO₃⁻ ne figurent pas dans ce tableau, seule l'alcalinité totale ayant été dosée. — : données manquantes.

Tab. I : Bilans hydrochimiques annuels moyens sur la période juillet 1981 - juin 1987.

L'équipement de base (pluviographes et limnigraphes) fournit les données hydrologiques nécessaires à l'établissement des bilans hydrochimiques "entrées - sorties". Les échantillons d'eau de pluie, de pluviolessivats et de ruisseau sont récoltés au pas de l'épisode. Les dosages sont effectués par absorption atomique (Ca²⁺, Mg²⁺), photométrie de flamme (K⁺, Na⁺), colorimétrie (SiO₂, NH₄⁺, Cl⁻, NO₃⁻), turbidimétrie (SO₄²⁻) et volumétrie (alcalinité).

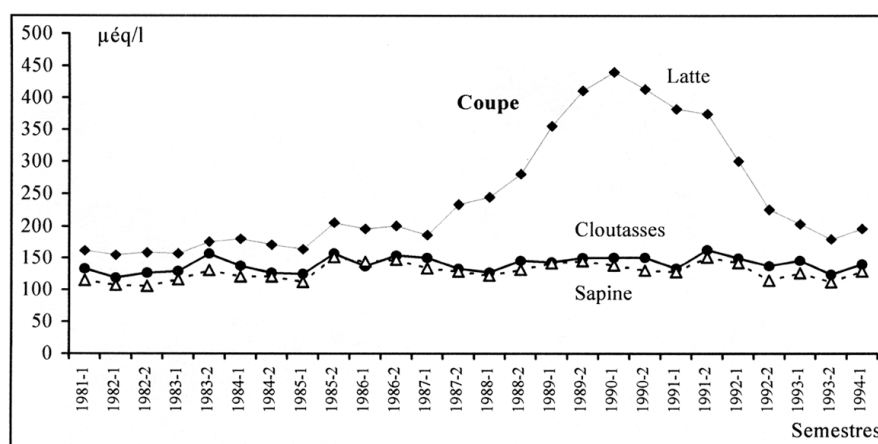


Fig. 2 : Valeurs moyennes semestrielles de la somme des cations basiques (μéq/l) dans les eaux des ruisseaux des Cloutasses, de la Latte et de la Sapine.

III.- Les exportations en solution avant la coupe

Dans les eaux des ruisseaux, les ions dominants sont le calcium et le sodium pour les cations, les ions sulfates et les ions chlorures pour les anions. Les valeurs du pH sont généralement comprises entre 5,5 et 6,0 ; alors que les pluies présentent le plus souvent un pH voisin de 4,7.

Les bilans hydrochimiques "entrées - sorties" (Cf. Tab. I) mettent en évidence les effets de l'altération des roches (pertes importantes de silice et de sodium). Pour le calcium, le magnésium et le potassium les pertes nettes (e - s) sont maximales pour le

bassin de la Latte (épicéas) et minimales pour celui de la Sapine (hêtres), lequel accumule même du potassium. Sur les trois bassins versants, les exportations d'ammonium, d'ions sulfates et d'ions chlorures sont inférieures aux entrées. Banale en ce qui concerne l'ammonium (intervention des cycles biogéochimiques de l'azote), cette observation s'explique pour les ions sulfates par une très forte accumulation de soufre dans les profils (B. GUILLET et al., 1994), mais elle reste très surprenante pour les ions chlorures, ces derniers ayant la réputation de ne rencontrer aucun piège géochimique efficace.

IV.- Les exportations en solution après la coupe

En relation avec la coupe et la revégétalisation ultérieure, la minéralisation des eaux du ruisseau de la Latte augmente fortement de 1987 à 1991 puis amorce une décroissance régulière (Cf. Fig. 2). De leur côté, les ruisseaux de la Sapine (hêtraie) et des Cloutasses (pelouse) ne montrent pas d'évolution significative. L'accroissement des exportations en solution du

Cloutasses	P et L	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
entrées	1817	0,98	16,9	2,54	3,64	14,2	8,00	24,1	31,8	53,9
sorties	1315	33,0	14,2	4,06	3,66	15,8	0,50	16,9	8,4	39,3
e - s		-32,1	+2,73	-1,52	-0,02	-1,61	+7,50	+7,21	+23,4	+14,6
s2/s1		0,91	0,90	0,91	0,83	0,97	—	0,98	—	0,93
Latte	P et L	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
entrées	1787	0,92	18,0	2,67	3,50	14,8	8,40	25,4	34,6	55,3
sorties	1242	37,8	30,8	11,2	5,24	19,7	0,45	21,1	122,5	40,1
e - s		-36,9	-12,8	-8,54	-1,74	-4,91	+7,95	+4,30	-88,0	+15,2
s2/s1		1,09	1,80	1,72	1,43	1,22	—	1,01	—	0,79
Sapine	P et L	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
entrées	1712	1,13	15,9	2,34	4,28	12,0	6,49	20,5	20,3	47,1
sorties	1060	30,7	8,84	3,32	1,85	13,7	0,30	16,6	0,72	33,8
e - s		-29,6	+7,07	-0,98	+2,43	-1,72	+6,19	+3,91	+19,6	+13,3
s2/s1		0,91	0,91	0,91	0,72	0,99	—	1,00	—	0,93

P : précipitations (mm). **L** : lame d'eau écoulee (mm). **e** : entrées mesurées dans les pluviographes (kg/ha/an). **s** : exportations du bassin versant (kg/ha/an). **s2/s1** : sorties sur la période 1987/94 / sorties sur la période 1981/87. — : données manquantes.

Tab. II : Bilans hydrochimiques annuels moyens sur la période juillet 1987 - juin 1994.

bassin de la Latte est particulièrement net pour le calcium et les ions nitrates (Cf. Tab. II). En supprimant la consommation d'éléments minéraux par la végétation et en laissant sur place une masse considérable de débris végétaux, la coupe forestière a favorisé l'exportation en solution des éléments nutritifs. L'abondance, dans les eaux de drainage, des ions nitrates produits en grande quantité par la minéralisation de la matière organique, a provoqué un fort entraînement des cations basiques : les rapports entre les valeurs des exportations de ces éléments sur les périodes 1987/94 et 1981/87 (s2/s1) sont compris entre 1,22 (sodium) et 1,80 (calcium) ; alors qu'ils ne dépassent pas 0,91 dans le cas des bassins de la Sapine et des Cloutasses. Les ions chlorures et les ions sulfates ne sont pas concernés par l'activation des exportations. La diminution des sorties d'ions sulfates est peut-être due à l'abondance des débris végétaux laissés par la coupe, lesquels jouent le rôle d'un apport organique favorable à l'immobilisation du soufre (A.P. CONÉSA et al., 1979).

Le pH moyen des eaux du ruisseau de la Latte s'établit à 5,54 sur la période 1987-94, contre 5,84 pour le ruisseau des Cloutasses et 5,76 pour celui de la Sapine. En 1986-87, seule année avant la coupe pour laquelle nous disposions de mesures de ce paramètre, les valeurs moyennes s'élèvent respectivement à 5,86 ; 5,84 et 5,88. La coupe des épicéas du bassin versant de la Latte pourrait donc avoir provoqué un abaissement du pH des eaux du ruisseau. Du reste, à partir de 1995/96, les eaux du ruisseau de la Latte ont présenté un pH plus élevé que celui des eaux du ruisseau de la Sapine (sur le deuxième semestre 1995, par exemple, valeur moyenne de 5,94 contre 5,79).



Photo 1 : Parcelle d'étude du pluviolessivage sous hêtre, bassin de la Sapine

Sapine 1991_94	H (mm)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Pi	1664	17,3	2,48	3,57	12,91	6,79	22,5	25,3	49,1
Eg	1291	13,7	2,22	15,8	9,16	3,84	17,0	17,5	38,6
Ec	316	3,80	0,65	4,48	2,44	0,71	4,82	2,48	12,4
(Eg+Ec)-Pi	-57,1	+0,18	+0,39	+16,7	-1,31	-2,25	-0,66	-5,36	+1,92

Épi Urfruits 1987_92	H (mm)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Pi	1621	15,5	2,34	4,27	13,2	6,63	22,4	22,7	50,5
Eg	1160	29,2	6,22	34,2	21,7	8,33	46,0	46,0	105
Eg-Pi *	-461	+13,7	+3,89	+29,9	+8,48	+1,70	+23,6	+23,3	+54,7

Pi : pluies incidentes. Eg : égouttement sous le couvert végétal. Ec : écoulement le long des troncs. H : hauteur d'eau. * : l'écoulement le long des troncs n'a pas été mesuré, mais les observations effectuées à la station de la Latte permettent de le considérer comme négligeable.

Tab. III : Flux d'éléments dissous annuels moyens (kg/ha) dans les pluies et les pluviolessivats aux stations de la Sapine (hêtraie) et des Épi Urfruits (pessière).

V.- La question des pluviolessivats

Le tableau III résume les données recueillies aux stations de la Sapine (hêtraie – 10 collecteurs à entonnoir pour l'égouttement et 10 collecteurs pour l'écoulement le long des troncs) et des Épi Urfruits (pessière – 4 à 6 collecteurs à entonnoir et une gouttière pour l'égouttement). Les observations effectuées à la station de la Latte, dans la situation particulière d'une lisière de forêt (J.F. DIDON-LESCOT, 1996), ont été écartées. Elles ont cependant montré que l'écoulement le

long des troncs des épicéas représente moins de 1 % des arrivées d'eau au sol.

À la station de la Sapine, sur la période 1991/94, l'accroissement des flux de potassium à travers le couvert végétal résulte de la récréation de cet élément par les feuilles. La diminution des concentrations d'ammonium et d'ions nitrates s'explique par l'absorption par les plantes au niveau foliaire et par le rôle de la flore épiphyte. Les données concernant les ions chlorures et le sodium indiquent qu'il n'y a pas d'entrées "sèches" de ces éléments.

À la station des Épi Urfruits, sur la période 1987-92, le pH évolue peu entre la pluie (4,74 en moyenne) et les eaux d'égouttement (4,70 ; sur la même période, les valeurs moyennes atteignent respectivement 4,82 et 4,87 à la station de la Sapine). Or il est impossible d'accepter l'hypothèse d'entrées importantes qui n'auraient pas été mises en évidence par les collecteurs en terrain découvert, sans déséquilibrer encore plus les bilans "entrées - sorties" des ions chlorures. Pour l'instant, il semblerait qu'il faille surtout incriminer le fonctionnement des cycles biogéochimiques sous épicéas et les modalités du transfert des eaux et des éléments minéraux à travers la canopée.



Photo 2 : Station hydrométrique à La Latte

VI.- Quantification de l'impact de la coupe

Le calcul des pertes d'éléments minéraux directement liées à la coupe des épicéas du bassin versant de la Latte, nécessite d'estimer les exportations qu'aurait subies le bassin versant sans la coupe. Pour répondre à cet objectif, nous avons étudié les relations existant, sur la période 1981-87, entre, d'une part, les exportations annuelles du bassin de la Latte et, d'autre part, les précipitations sur ce bassin et les exportations du bassin de la Sapine. Les régressions les plus satisfaisantes s'établissent entre les exportations des deux bassins : coefficients de régression compris entre 0,938 (ions chlorures) et 0,992 (sodium). Toutefois, pour l'ammonium et les

1987-94	P (mm)	L (mm)	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
M	1787	1242	37,8	30,8	11,2	5,24	19,7	0,45	21,1	122,5	40,1
C			31,7	15,7	5,95	2,65	16,0	0,42	20,9	13,8	47,6
C - M			-6,13	-15,0	-5,26	-2,59	-3,71	-0,02	-0,19	-109	+7,44
T			-42,9	-105	-36,8	-18,2	-25,9	-0,15	-1,32	-761	+52,1

1987-97	P (mm)	L (mm)	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
M	2048	1472	—	29,9	10,4	5,50	19,3	—	20,3	91,9	37,6
C			—	18,9	6,75	3,71	18,1	—	23,1	19,6	58,5
C - M			—	-11,0	-3,66	-1,79	-1,19	—	+2,79	-72,3	+20,9
T			—	-110	-36,6	-17,9	-11,9	—	+27,9	-723	+209

P : précipitations annuelles moyennes (mm). L : lame d'eau écoulee annuelle moyenne (mm). M : exportations mesurées (kg/ha/an). C : valeurs calculées, attendues sans la coupe des épicéas (kg/ha/an). T : pertes totales liées à la coupe sur la période considérée [T, en kg/ha = (C - M) x nombre d'années]. — : données manquantes.

Tab. IV : Comparaison des exportations en solution annuelles moyennes (kg/ha) mesurées sur le bassin versant de la Latte pour les périodes 1987-94 et 1987-97 (M) avec les valeurs calculées sur les mêmes périodes à partir de régressions établies avant la coupe des épicéas (C).

ions nitrates, pour lesquels les données sont peu nombreuses, nous devons nous contenter des relations avec les précipitations, établies à partir de deux années d'observation seulement (1985-86 et 1986-87). Les données obtenues en appliquant les équations de régression sont présentées dans le tableau IV.

Ce tableau met en évidence un ralentissement très net des pertes liées à la coupe entre les périodes 1987-94 et 1994-97. Pour le sodium et les ions chlorures, on assiste même à un renversement de la tendance. Mais, pour ces éléments très mobiles, cette évolution pourrait surtout résulter d'une modification de la répartition spatiale

des entrées. On retiendra donc qu'ils n'ont pratiquement pas été touchés par les conséquences de la coupe. Par ailleurs, le ralentissement relatif des sorties d'ions sulfates, déjà marqué immédiatement après la coupe, s'accroît encore sur la période 1994-97.

Entre 1994 et 1997, les pertes totales liées à la coupe (T) diminuent très légèrement pour le magnésium et le potassium, restent relativement stables pour le calcium, et diminuent pour les ions nitrates. En 1996-97, les exportations mesurées du calcium (M) avoisinent les exportations qui auraient été attendues sans la coupe (C) : 20,91 contre 21,07 kg/ha.

En revanche, pour les ions nitrates, les exportations mesurées en 1996-97 atteignent seulement 9,39 kg/ha, alors que les valeurs qui auraient été attendues sans la coupe s'élèvent à 25,69 kg/ha. Pour cet élément, la destruction des épicéas tendrait donc, après la brutale activation initiale des exportations, à rapprocher le bassin versant de la Latte de ceux des Cloutasses et de la Sapine.

VII.- Le fonctionnement des bassins versants

1 . L'estimation des pertes d'éléments minéraux

Trois hypothèses retiennent l'attention pour expliquer le déséquilibre des bilans "entrées - sorties" des ions chlorures. La première concerne l'hétérogénéité spatiale de la composition chimique des eaux de pluie ; son rôle pourrait être particulièrement sensible sur le plus grand des bassins versants étudiés, celui des Cloutasses. La deuxième a trait à l'évacuation possible de certaines quantités d'eau hors des limites apparentes des bassins, par le biais de circulations se produisant au niveau des versants situés de part et d'autre des limnigraphes. La dernière prend en compte la difficulté des dosages colorimétriques des ions chlo-

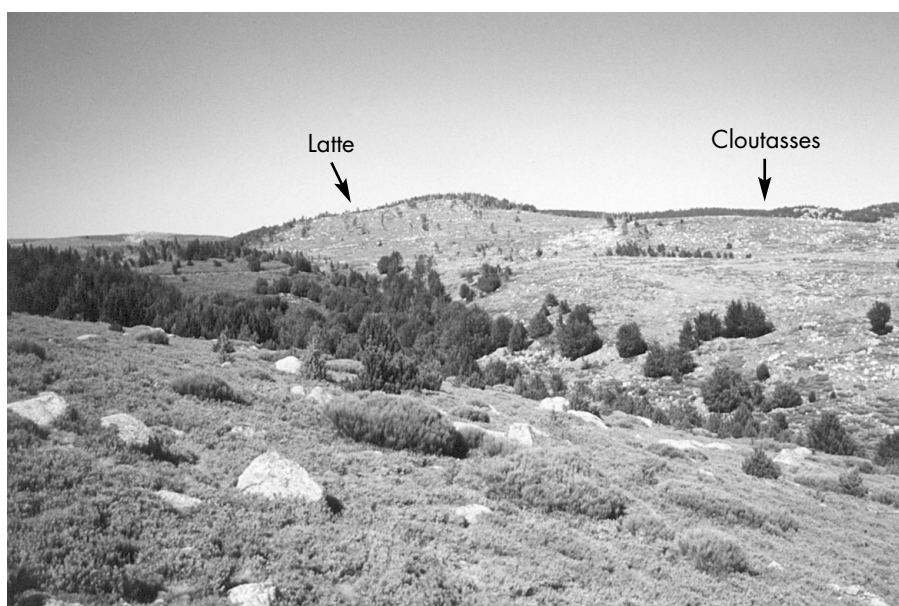


Photo 3 : Vue du bassin versant de La Latte coupe achevée (été 1989) à gauche et celui des Cloutasses à droite

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	N	S
Cloutasses - 1 - p	- 22	- 117	- 55	+ 679	+ 276
Cloutasses - 2 - t	- 148	- 129	- 235	+ 400	—
Latte - 1 - p	- 259	- 260	- 73	+ 473	+ 101
Latte - 2 - t	- 369	- 297	- 92	+ 301	+ 171
Sapine - p	- 271	- 121	- 115	+ 361	+ 158

t : pertes totales. p : pertes partielles. Cloutasses - 1 : sans tenir compte des pertes dues aux activités pastorales. Cloutasses - 2 : en tenant compte des pertes dues aux activités pastorales. Latte - 1 : sans tenir compte des conséquences hydrochimiques de la coupe (le bilan annuel moyen fait abstraction de la coupe de la pessière ; il est déterminé en utilisant, d'une part, les exportations mesurées de 1981 à 1987 et, d'autre part, celles calculées à partir des données du bassin versant de la Sapine pour la période 1987/94). Latte - 2 : en tenant compte des conséquences hydrochimiques de la coupe. Sapine : sans pouvoir tenir compte des conséquences hydrochimiques d'une coupe. — : données manquantes.

Tab. V : Pertes nettes (kg/ha) subies par les bassins versants pour une période de 60 ans incluant une rotation forestière sur les bassins de la Latte et de la Sapine.

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Cloutasses	3,82	0,30	0,92	5,23
Sapine	3,14	0,24	0,75	4,29

Tab. VI : Libération de cations basiques sur une période de 60 ans (kg/ha) par l'altération du granite du Pont-de-Montvert dans les bassins versants des Cloutasses et de la Sapine.

rures dans des eaux colorées par des produits organiques. Les bilans "entrées - sorties" ont été révisés en accordant à chacune de ces hypothèses un poids variable en fonction de la taille et de la forme des bassins versants. De plus, nous avons tenu grossièrement compte de l'accumulation nette d'ions chlorures dans la biomasse pérenne (bassins de la Latte et de la Sapine ainsi que des exportations de cet élément liées à la présence saisonnière de troupeaux de moutons (bassin des Cloutasses – C. DUPRAZ, 1984). Enfin, faute d'informations spécifiques, nous considérons que l'évolution de la minéralomasse pérenne des landes a représenté peu de chose par rapport à celle des forêts.

Par ailleurs, l'immobilisation annuelle moyenne dans les troncs et l'écorce est estimée en se fondant sur les observations de J.F. DIDON-LESCOT (1996) pour la pessière et de A.

HANCHI (1994) pour la Sapine. Sur la période 1974-87, les valeurs atteignent par hectare de bassin versant :

- Sur le bassin de la Latte, à 1,73 kg/ha de calcium, 0,35 kg/ha de magnésium, 1,04 kg/ha de potassium, 2,94 kg/ha d'azote et 0,17 kg/ha de soufre.

- Sur le bassin de la Sapine, à 9,11 kg/ha de calcium, 0,67 kg/ha de magnésium, 3,45 kg/ha de potassium, 0,62 kg/ha de sodium, 5,69 kg/ha d'azote et 1,55 kg/ha de soufre.

2 . Synthèse des résultats

Le tableau V tient compte des données hydrochimiques, des données sur la minéralomasse des troncs et des exportations consécutives aux activités pastorales (C. DUPRAZ, 1984).

Dans l'hypothèse d'une coupe de la hêtraie et de la pessière à l'âge de 60

ans, les pertes totales, comptabilisées immédiatement après la coupe, seraient voisines sur les bassins versants de la Latte et de la Sapine pour le calcium, beaucoup plus fortes sur le bassin de la Latte pour le magnésium, et sensiblement plus élevées sur le bassin de la Sapine pour le potassium. Sur ces bassins, comme sur celui des Cloutasses, les bilans seraient positifs pour l'azote et le soufre.

La minéralomasse des débris végétaux laissés sur place (branches, feuilles, racines) étant beaucoup plus forte pour la hêtraie que pour la pessière (320 kg/ha de calcium, contre 74 ; 36 kg/ha de magnésium, contre 15 ; 175 kg/ha de potassium, contre 47 ; 378 kg/ha d'azote, contre 167 ; 75 kg/ha de soufre, contre 34), on peut s'interroger sur l'ampleur des exportations en solution que provoquerait une coupe de la hêtraie.

Le bassin des Cloutasses enregistre les pertes de calcium les plus faibles. Sur ce bassin, la vente des excréments des moutons influence énormément le bilan du potassium.

4 . L'altération des roches

La libération par les roches de calcium, de magnésium et de potassium peut être évaluée à partir, d'une part, des pertes nettes de sodium (déduites des bilans hydrochimiques, de l'immobilisation dans la biomasse – non connue pour le bassin de la Latte – et des exportations liées à l'activité pastorale) et, d'autre part, des indices de libération des éléments tirés de l'étude géochimique de profils d'altération (C. MARTIN, 1986). Pour les bassins du Mont-Lozère, nous ne disposons pas encore actuellement d'analyses des formations superficielles, les calculs s'appuient sur les analyses du granite du Pont-de-Montvert (J.C. VAN MORT, 1966 ; J. MIAHLE ET G. SABOURDY, 1979) et sur les indices de libération déterminés pour les arènes sur gneiss du massif des Maures (C. MARTIN, 1986).

Les résultats obtenus (Cf. Tab. VI) doivent être considérés avec prudence. En effet, la libération de calcium et, plus encore, de potassium et de magnésium, est plus active au niveau des sols que plus bas dans les profils.

En outre, par rapport au massif des Maures, l'altération des biotites et donc la libération de magnésium et de potassium sont favorisées, sur le Mont-Lozère, par la plus grande acidité du milieu. Toutefois les taux d'évacuation du magnésium enregistrés sur le bassin des Cloutasses ne permettent pas d'espérer que soient couvertes les pertes de cet élément enregistrées sur le bassin de la Latte, même sans la coupe des épicéas. Il apparaît également douteux que dans le cadre d'une gestion avec coupe, les pertes de potassium du bassin de la Sapine et celles de calcium des bassins de la Latte et de la Sapine, soient facilement compensées. Enfin, sur le bassin versant des Cloutasses, les activités pastorales entraînent des pertes très sévères de potassium.

VIII. - Conclusion

Le granite du Pont-de-Montvert est une roche peu altérable, surtout dans les conditions de température du Mont-Lozère. En terme de fertilité, le milieu est donc extrêmement pauvre et très fragile. Dans ce contexte, l'extension des forêts à la place des landes et des pelouses pâturées peut représenter un élément positif, dans la mesure où – en permettant des remontées d'éléments minéraux par la végétation – elle est susceptible de limiter les pertes en solution. À cet égard, les bilans hydrochimiques indiquent que la hêtraie joue un rôle beaucoup plus actif que la pessière. Cette dernière favoriserait même l'exportation de calcium et de magnésium.

Les coupes forestières constituent des perturbations graves. Les exportations d'éléments minéraux avec les troncs sont particulièrement élevées dans le cas des hêtres. Il s'y ajoute les effets de la modification des fonctionnements hydrochimiques, mis en évidence pour la pessière mais qui restent à définir pour la hêtraie. L'activation des pertes de cations basiques est très nette, mais avec des différences entre les bassins versants : le bassin de la Sapine (hêtraie) perd beaucoup de calcium et de potassium, alors que celui de la Latte perd beaucoup de calcium et surtout de magnésium. Ces pertes sont suffisamment élevées pour que

l'on puisse se poser la question de la mise en péril de la fertilité des sols. En effet, les réserves exploitables dans l'humus et les 60 cm de sol sont faibles : 460 kg/ha de calcium, 160 kg/ha de magnésium et 750 kg/ha de potassium dans le bassin de la Latte (J.F. DIDON-LESCOT, 1996).

De fait, dans le cadre d'une gestion forestière associant la pratique des coupes, il n'est pas certain que les stocks de certains éléments (calcium sur les bassins de la Latte et de la Sapine ; magnésium sur le bassin de la Latte) puissent se reconstituer. Cependant quelques incertitudes demeurent que les recherches en cours devront s'attacher à lever. Elles concernent : d'une part, l'altération des roches ; d'autre part, les pluviollessivats ; enfin, les apports éventuels de poussières à dissolution lente (poussières sahariennes notamment).

tains, G. Landmann et M. Bonneau édit., Springer Publ., p. 226-232.

HANCHI A. (1994) - Cycle de l'eau et des éléments biogènes dans un bassin versant forestier : cas d'une hêtraie au Mont-Lozère. Thèse de l'Université de Bourgogne, 232 p.

MAHLE J. et SABOURDY G. (1979) - Géochimie comparée des monzogranites porphyroïdes de Pont-de-Montvert et de la Borne (Cévennes). 7^{ème} Réunion annuelle des Sciences de la Terre (Lyon), Édit. Soc. Géol. France.

MARTIN C. (1986) - Contribution à l'étude de la dynamique des versants en roches métamorphiques ; l'exemple du massif des Maures. Thèse de Doctorat d'État, Univ. Paris I, 935 p.

VAN MORT J.C. (1966) - Les roches cristallophylliennes des Cévennes et les roches plutoniques du Mont-Lozère. Ann. Fac. Sci. Univ. Clermont-Ferrand, vol. 31, 271 p.

Remerciements :

De 1981 à 1996, le BVRE du Mont-Lozère a été placé sous la responsabilité de l'URA 724 du CNRS et de l'Université d'Orléans. La gestion en a été successivement assurée par F. LELONG et B. GUILLET. Nous sommes très reconnaissants à ces derniers de la part qu'ils ont prise dans la conduite des travaux.

Références bibliographiques

CONÉSA A.P., FARDEAU J.C. et SIMON-SYLVESTRE G. (1979) - Le phosphore et le soufre. In : Pédologie. 2. Constituants et propriétés du sol, Édit. Masson, p. 395-407.

DIDON-LESCOT J.F. (1996) - Forêt et développement durable au Mont-Lozère. Impact d'une plantation de résineux, de sa coupe et de son remplacement sur l'eau et sur les réserves minérales du sol. Thèse de l'Université d'Orléans, 161 p.

DUPRAZ C. (1984) - Bilans des transferts d'eau et d'éléments minéraux dans trois bassins versants comparatifs à végétation contrastée (Mont-Lozère). Thèse de Docteur-Ingénieur, Université d'Orléans, 363 p.

DURAND P. (1989) - Biogéochimie comparée de trois écosystèmes (pelouse, hêtraie, pessière) de moyenne montagne granitique (Mont-Lozère, France). Thèse de l'Université d'Orléans, 186 p.

GUILLET B., VANNIER C. et LELONG F. (1994) - Sulphur stored in soils and relative importance of organic and inorganic forms. Examples at the Mont-Lozère. In : Forest decline and air pollution effects in the french moun-

Résumé

Des travaux de reboisement ont été engagés dès la fin du XIX^{ème} siècle dans le haut bassin granitique du Tarn. Les bilans hydrochimiques établis pour trois bassins versants couverts d'une pessière, d'une pelouse et d'une hêtraie non aménagée, permet d'apprécier les différences de fonctionnement de ces milieux. La coupe à blanc des épicéas permet de préciser les pertes supplémentaires en produits dissous induites par cette perturbation. Enfin, l'exploitation du milieu en pessière ou en hêtraie est jugée en fonction des perspectives d'évolution de la fertilité des sols.